

Nährstoffnachhaltige Nutzung von Waldlandschaften

Regionale Bewertung erntebedingter Nährstoffentzüge

Eckart Kolb und Axel Göttlein

Eine hoch mechanisierte Forsttechnik ermöglicht heute eine effiziente Vollbaumnutzung. Allerdings verträgt nicht jeder Waldstandort diese intensive Nutzung ohne langfristige Ertragseinbußen. Vergleichbare Verhältnisse bezüglich der Nährstoffentzüge gab es bis ins letzte Jahrhundert, als intensive Streu- und Brennholznutzung schon damals zu Wachstumsdepressionen führte. Die eingewertete Bodenübersichtskarte von Deutschland 1 : 1 000 000 gibt einen Überblick, in welchen Landschaften eine intensive Nutzung der Waldstandorte möglich scheint oder eher kritisch zu beurteilen ist. Es fällt auf, dass gerade die großflächigen Waldlandschaften überproportional viele kritische bis sehr kritische Standorte einschließen, da die „Gunststandorte“ meist landwirtschaftlich genutzt werden. Aktuelle Forschungsergebnisse, aber auch die Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen uns, dass wir mit Nutzungsintensivierungen sehr vorsichtig und standortsbezogen umgehen sollten.

Holz erfährt als Energieträger in den letzten Jahren eine zunehmende Renaissance. Dieser Trend ist einerseits erfreulich und begrüßenswert, fördert er doch das Interesse an einer geregelten Waldwirtschaft und rückt den Wald auch wieder mehr in das Zentrum des öffentlichen Interesses. Trotz dieser Euphorie sollte allerdings berücksichtigt werden, dass nicht jeder Waldstandort eine intensivierete Nutzung verträgt. Die moderne, hoch mechanisierte Forsttechnik ermöglicht es heute auch das Kronenmaterial effizient zu nutzen, was trotz kurzfristiger finanzieller Vorteile auf nährstoffarmen Standorten kritisch gesehen werden muss. Die hohen Nährstoffexporte, die durch die Vollbaumnutzung entstehen, wurden in der Literatur schon 1979 durch KREUTZER diskutiert [1], gerieten

aber zwischenzeitlich aus dem Blickfeld der Wissenschaft.

Einzelne Standorte können relativ hohe Nährstoffentzüge verkraften, wie beispielsweise nährstoffreiche Jungmoränenstandorte oder Böden mit hohen Lössanteilen. Andere Standorte dagegen verarmen bei intensiver Nutzung deutlich, da die Nährstoffnachlieferung aus der Mineralverwitterung und dem atmosphärischen Eintrag die Nutzungsentzüge nicht ausgleichen können. Einer Vollbaumnutzung vergleichbare Verhältnisse existierten bis weit in das letzte Jahrhundert hinein, als die Wälder teilweise ausgefegt wurden, um Streu und Brennholz zu gewinnen. Die Folgen dieser Nährstoffverarmung äußerten sich in Wachstumsdepressionen, abnehmender Rentabilität der Wälder und einer Artenverschiebung hin zu nährstoffärmeren Wäldern [2, 3, 4]. Nach Wegfall der Streunutzung können Verbesserungen der Nährstoffversorgung der Bestockung festgestellt werden [5].

Auch neuere Studien belegen hohe Nährstoffentzüge durch Vollbaumnutzung oder Kurzumtriebsplantagen, die nicht vollständig aus der Verwitterung gedeckt werden können [6, 7]. Größere Biomasse-Heizkraftwerke haben einen Holzbedarf, der, je nach Holzproduktivität der



Die Intensität der Nutzung bestimmt die Nährstoffentzüge.

Foto: FG Waldernährung

Landschaft, oftmals nicht in der näheren Umgebung gedeckt werden kann. Holz muss dann teilweise über große Strecken transportiert werden:

- So wurden für das Heizkraftwerk Simmering vor den Toren Wiens Hackschnitzel auf dem Wasserweg bis aus dem Raum Kelheim/Bayern genutzt (450 km).
- Vattenfall schätzt, dass der Hackschnitzelbedarf von 1,3 Mio t für die bis 2019 auf Biomasse umgerüsteten Kraftwerke in Berlin nicht aus einem Umkreis von 300 km gedeckt werden kann [8]. Daher soll ein Teil der Biomasse in Form von gehäckselten Gummibäumen sogar aus Liberia eingeführt werden.

Mit zunehmender Entfernung und damit steigenden Transportkosten fällt die Rentabilität dieser Heizkraftwerke bei sonst gleichen Randbedingungen. Die Abschätzung des Potenzials einer nachhaltigen forstwirtschaftlichen Bewirtschaftung unterschiedlicher Landschaftsräume ist zum

Dr. E. Kolb ist wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt der TU München. Prof. Dr. A. Göttlein leitet das Fachgebiet.

Fachgebiet Waldernährung u. Wasserhaushalt
Wissenschaftszentrum für Forstwissenschaften der TU München

Eckart Kolb
kolb@www.tum.de

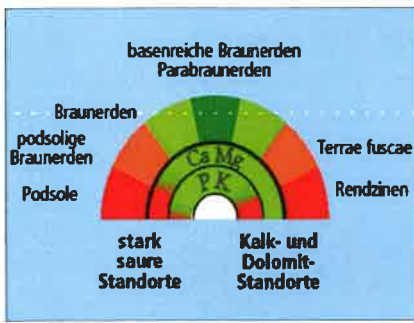
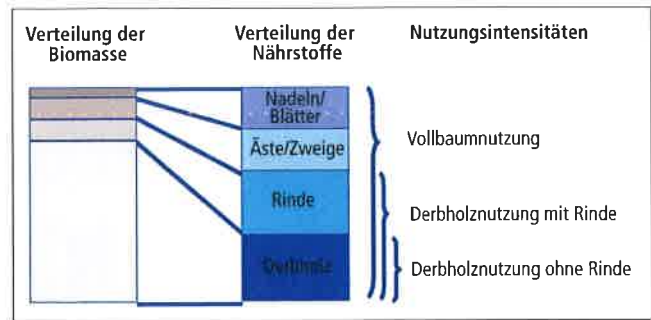


Abb. 1: Nährstoffverfügbarkeit in Abhängigkeit der Bodenreaktion

Abb. 2: Schema der Biomasse und Nährstoffzüge durch unterschiedlich intensive Nutzung



einen von Interesse im Hinblick auf die nachhaltige Nutzung des Rohstoffs Holz. Im Hinblick auf die Intensivierung der Biomassennutzung zur Energiegewinnung, d.h. der zusätzlichen Nutzung von Kronenmaterial, ist eine derartige Abschätzung von Bedeutung für die Entscheidung, in welchen Räumen für Biomasse-Heizkraftwerke eine längerfristige Sicherung der Rohstoffquelle überhaupt gegeben ist.

Ansatz zur Bewertung

Datengrundlage

Der Betrachtungsmaßstab kann und muss klein sein, um über größere Flächen zu integrieren. Daher wurde die Bodenübersichtskarte 1 : 1 000 000 (BÜK 1000) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe als Grundlage gewählt [9]. Die Flächen wurden auf Basis des WGS84-Kartendatums und eines UTM-Gitters für den Streifen 32 Nord berechnet.

Zu bewertende Parameter

Die 71 Legendeneinheiten der BÜK1000 wurden gutachterlich bezüglich ihres Nährstoffnachlieferungsvermögens für die Makronährstoffe Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K) und Phosphor (P) in vier Klassen eingewertet. Der atmosphärische Eintrag von Nährstoffen als bodenunabhängiger Faktor wurde hierbei nicht berücksichtigt. Die Nachlie-

ferung von Mikronährstoffen wurde nur nachrangig bewertet, da deren Verfügbarkeit nur in geringerem Maß von den tatsächlichen Vorräten gesteuert wird. Stickstoff (N) wurde nicht berücksichtigt, da wir heute in Deutschland bei einem Mindesteintrag von 10 kg/ha auch bei intensiver Nutzung nicht mit einer N-Limitierung der Standorte rechnen müssen. Ähnlich verhält es sich mit Schwefel (S). Die Ca- und Mg-Nachlieferung wurde getrennt von der K- bzw. der P-Nachlieferung beurteilt (Abb. 1), jeder Bodentyp aber ganzheitlich bewertet, d.h. wenn die Gefahr besteht, dass die Nährstoffvorräte eines Nährstoffs durch intensive Nutzung so weit absinken, dass eine Gefährdung der stofflichen Nachhaltigkeit wahrscheinlich ist, wurde dieser zumindest als kritisch eingestuft.

Da die Bodentypen, auf denen Waldbestände besonders empfindlich auf Nährstoffentzüge reagieren, nicht ganz zufällig auch diejenigen sind, die durch mächtige Humusaufgehörizonte charakterisiert sind, wird durch das angewendete Bewertungsschema gleichzeitig die Empfindlichkeit der Bodentypen bezüglich starkem C-Entzug durch Holzernte mit bewertet. So haben die Humusaufgaben bei Podsolen auf der sauren Seite sowie Rendzinen und Fels- bzw. Skeletthumusböden auf der Carbonatseite eine wesentliche Funktion für die Nährstoff- und Wasserversorgung der Waldbestände auf diesen Standorten.

Kriterien der Klasseneinteilung

Zielgröße ist das Nährstoffnachlieferungsvermögen bei unterschiedlichen Nutzungsintensitäten (Abb. 2). Die noch vor wenigen Jahrzehnten übliche Derbholznutzung (> 7 cm) ohne Rinde spielt heute nur noch eine untergeordnete Rolle. Standard ist heute v.a. die Derbholznutzung mit Rinde. Vollbaumnutzung wird im Zuge der Forcierung von Bioenergie noch mehr an Bedeutung zunehmen. Die ausgeschiedenen Klassen „unkritisch“, „ausreichend“, „kritisch“ und „sehr kritisch“ beziehen sich mit dieser Wertung auf die Derbholznutzung mit Rinde:

- Die Klasse „unkritisch“ bedeutet, dass die hierin zusammengefassten Bodentypen längerfristig Nährstoffentzüge über die übliche Derbholznutzung mit Rinde hinaus verkraften können. Vollbaumnutzungen, die über eine Umtriebsperiode hinausgehen, sollten jedoch erst nach Detailplanung mit standortkundlichen Karten festgelegt werden. Die aufgrund des verwendeten Maßstabs dargestellten groben Polygone können auch Standorte beinhalten, die diese intensive Nutzung nicht zulassen, weshalb für lokale Entscheidungen entsprechend höher aufgelöste Karten zu verwenden sind.
- Als „ausreichend“ wurden alle Bodentypen beurteilt, die langfristig die heute übliche Nutzungsintensität – Derbholz mit Rinde – verkraften. Eine Vollbaumnutzung kann gelegentlich durchgeführt werden.
- Auf „kritisch“ bewerteten Einheiten sollte v.a. Derbholz ohne Rinde genutzt werden. Gelegentlich kann Derbholz auch mit Rinde genutzt werden. Eine dauerhafte Nutzung in dieser Intensität ist aber bereits im Bezug auf das Nährstoffnachlieferungsvermögen als kritisch anzusehen.
- Mit „sehr kritisch“ werden die Bodentypen zusammengefasst, für die selbst die heute übliche Nutzung – Derbholz m.R. – nicht nachhaltig ist. Je nach Standort sollten diese entweder mit geringer Intensität klassisch, d.h. Derbholz ohne Rinde, bewirtschaftet oder sogar teilweise aus der Nutzung genommen werden. Eine Nutzung von Kronenmaterial sollte auf diesen Standorten auf jeden Fall unterbleiben.
- Weitere Klassen sind „Niedermoore“, „Hochmoore“, Marschböden sowie die versiegelten oder technogen gestalteten Bö-

Tab. 1: Einwertungsklassen der Bodentypen		
Einwertung	Beispiele	Legendennummern BÜK 1000
unkritisch	Tschernoseme; lehmig-tonige Parabraunerden und Auenböden; mittel- bis tiefgründige Braunerden aus carbonatischen oder basaltischen Ausgangsgesteinen	1, 16, 17, 31, 33, 34, 57, 60, 63, 67, 69
ausreichend	sandige Parabraunerden und Auenböden; mittel- bis tiefgründige Braunerden mit Lössbeimengungen	12, 25, 28, 29, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 64, 65, 68
kritisch	podsolige oder pseudovergleyte Braunerden; häufig aus sauer-quarzitischen Ausgangsgesteinen; montan-subalpine Carbonatverwitterungsböden der Alpen	10, 11, 18, 22, 26, 27, 30, 32, 45, 46, 49, 54, 66
sehr kritisch	Podsole bis Podsol-Braunerden; alpine Rohböden	8, 9, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 23, 24, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 48, 50, 51, 52, 53
nicht bewertet	Marschen; Nieder- und Hochmoore; technogen gestaltete Böden; versiegelte Flächen; Gewässerböden	2, 3, 4, 5, 6, 7, 70, 71, 72

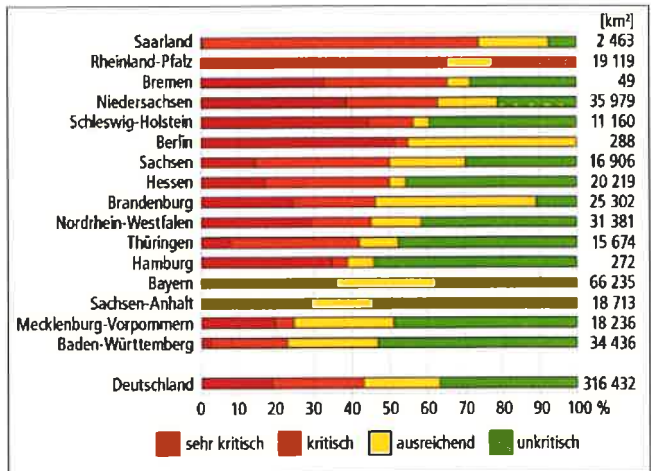
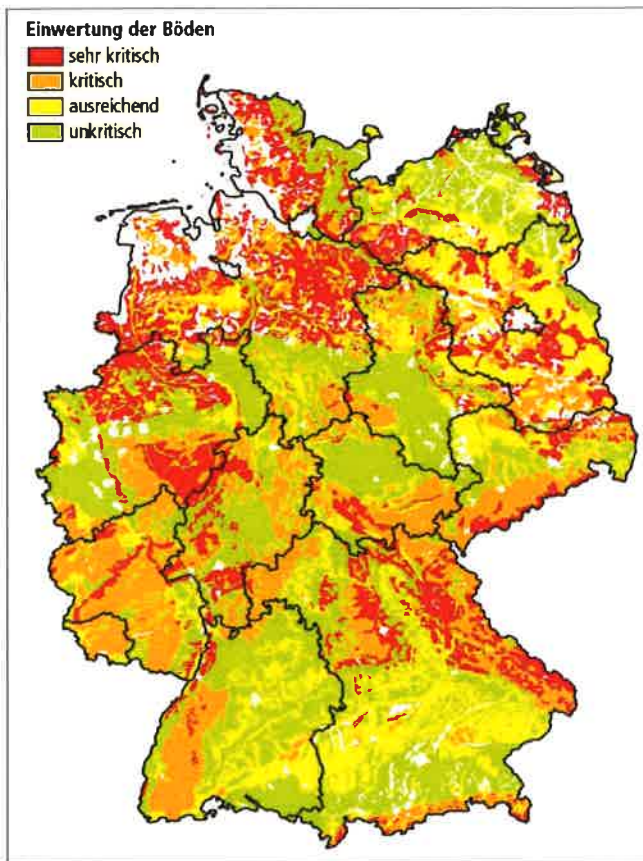


Abb. 4 (oben): Prozentuale Verteilung der eingewerteten Böden je Bundesland

Abb. 3 (links): Flächige Verteilung der eingewerteten Böden mit Bundeslandsgrenzen

Abgeleitet aus Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover 1998

den. Diese Böden wurden hinsichtlich einer forstwissenschaftlichen Nutzung nicht bewertet.

Die Zuordnung der Bodeneinheiten der BÜK 1000 zu den vier Nachhaltigkeitsklassen kann in Tab. 1 eingesehen werden.

Ergebnisse

Das Ergebnis dieser Einwertung wird zunächst als flächendeckende Karte dargestellt (Abb. 3). Die prozentualen Anteile (bezogen auf die jeweilige Landesfläche) der vier Klassen je Bundesland sind in Abbildung 4 ausgewertet. Schon dieser grobe Ansatz zeigt, dass die meisten Bundesländer auf einem bis zwei Drittel ihrer nutzbaren Fläche mit Böden ausgestattet sind, die als kritisch bis sehr kritisch bezüglich ihrer Nährstoffausstattung zu bewerten sind.

Für die Forstwirtschaft ist dieses Ergebnis jedoch zu positiv, da gerade die fruchtbareren Standorte durch Ackerbau und Grünland und weniger durch Wald genutzt werden. Die Karte der Abb. 3 wurde daher mit einer Karte der Waldbedeckung (Corine Land Cover der EEA) verschnitten (Abb. 5). Die grün und gelb eingefärbten Flächen, die eine unkritische bis ausreichende Nährstoffnachlieferung bei Derbholznutzung mit Rinde anzeigen, ha-

ben nun deutlich abgenommen, da diese Bodentypen vorwiegend als Acker oder Grünland genutzt werden.

Zur großräumigen Bewertung der Nährstoffausstattung rein forstlicher Standorte wurde die Wuchsraumgliederung nach GAUER und ALDINGER leicht modifiziert in die Abb. 5 integriert [10]. Die wuchsraumweise Auswertung der vier Bewertungsklassen ist in Abb. 6 dargestellt. Das Ergebnis zeigt, dass in den meisten Wuchsräumen mehr als ein Drittel, in vielen auch mehr als zwei Drittel der Waldflächen den Klassen kritisch und sehr kritisch zugeordnet sind. Geringe Anteile an kritischen und sehr kritischen Standorten (etwa ein Drittel und weniger Flächenanteile) finden sich lediglich im „Ostsee-Küstenraum“ und „Ostdeutsches Lössstief- und Hügelland“. In Süddeutschland sind es die Wuchsregionen „Schwäbisch-Bayerische Jungmoräne und Molassevorberge“ sowie die löss- und lehmreichen Böden des „Alpenvorlands“, der „Schwäbisch-Fränkischen Alb“ und des „Württembergischen Hügellandes“. Besonders ungünstig mit mehr als zwei Drittel kritischer und sehr kritischer Standorte sind dagegen die Mittelgebirge des „Harzes“, des „Schwarzwaldes“, „Bayerischer, Oberpfälzer, Franken-, Thüringer Wald und Erzgebirge“ sowie der „Nordsee-Küstenraum“, „Heide und Altmark“

und das „Rheinische Schiefergebirge“ einzuschätzen. Die im rechten Teil der Abb. 6 vermerkten absoluten Flächenangaben zeigen eindrücklich, dass alle Wuchsregionen mit großen Waldflächen auch immer die Regionen mit großen Anteilen an kritischen und sehr kritischen Böden sind. Es sind damit gerade die großen Waldregionen, die oft nicht für eine Nutzungsintensivierung mit den damit verbundenen hohen Nährstoffzügen geeignet sind.

Die Darstellung der Produktivität von Böden in Abb. 5 deckt teilweise auch Ungereimtheiten der Wuchsregionengliederungen auf. So ist zum Beispiel die Wuchsregion „Vogelsberg, Odenwald, Spessart“ bezüglich der Standortqualität zweigeteilt. Die Buntsandsteingebiete von Spessart und Odenwald haben eine deutlich schlechtere Nährstoffausstattung als der vorwiegend basaltische Vogelsberg. Es würde sich daher anbieten, das Buntsandsteingebiet der südlichen Rhön an Spessart und Odenwald anzugliedern. Der Vogelsberg könnte der Wuchsregion „Mitteldeutsches Berg- und Hügelland“ zugeordnet werden, welche in ihrer Abgrenzung zur Region „Rheinisches Schiefergebirge“ ebenfalls überarbeitet werden müsste.

Im Bereich der Keuperlandschaften Frankens wäre eine Korrektur mit der Ausscheidung einer eigenen Wuchsregion vorzuschlagen, um den nährstoffärmeren Sandsteinkeuper vom tonigen Keuper abzugrenzen.

Auch die Wuchsregion 16 „Alpenvorland“ und 17 „Schwäbisch-bayerische Jungmoräne und Molassevorberge“ müssten umbenannt und inhaltlich anders zusammengefasst werden, da der größte Teil der Wuchsregion 16 in Bayern liegt und dort als Tertiärhügelland bezeichnet wird. Der Begriff „Alpenvorland“ wird in Bayern dagegen für die mit 17 nummerierte Wuchsregion verwendet. Auf bayerischer

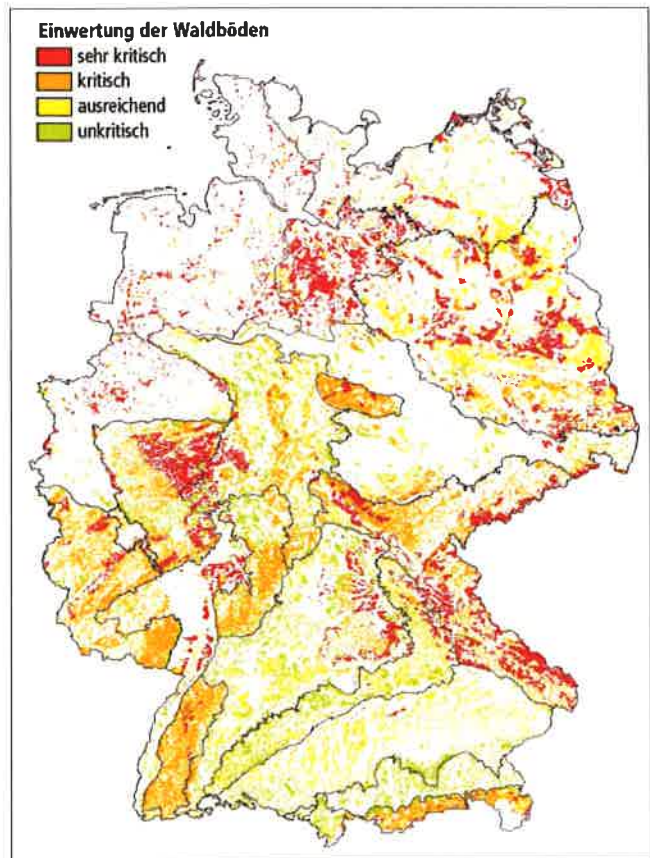
Seite sind also beide Wuchsregionen verwirrend bezeichnet. Soll die Zahl der Wuchsregionen gleich bleiben, könnte der baden-württembergische Teil der Wuchsregion 16 zwanglos der Wuchsregion 17 zugeordnet werden, da sie sich geologisch-geomorphologisch entsprechen.

Die Karte der Abb. 5 zeigt eindrücklich, welche Naturräume im Hinblick auf eine nachhaltige Waldbewirtschaftung intensiv genutzt werden können. Dies sind die Jungmoränenlandschaften Nord- und Süddeutschlands sowie die lössbedeckten Hügelländer Süd-, Mittel- und Ostdeutschland inkl. der lössbedeckten Alblandschaften. Auf diesen grün eingefärbten Polygonen dominieren Böden, die eine langfristige und nachhaltige Derbholznutzung mit Rinde ermöglichen. Auch Vollbaumnutzung kann auf Teilflächen nachhaltig betrieben werden. Vollbaumnutzungen, die über eine Umtriebsperiode hinausgehen, sollten aber stets auf standortkundlicher Grundlage geplant und geprüft werden. Die mit grün markierten Flächen sind nicht zufällig die Altsiedelräume, die der Mensch bevorzugt seit der Jungsteinzeit besiedelte.

Die walddreichen Mittelgebirgslandschaften Mittel- und Süddeutschlands aus paläozoischen und älteren Sedimenten oder basenarmen Metamorphiten, wie Harz, Schwarzwald, Bayerischer, Oberpfälzer, Franken- oder Thüringer Wald und Erzgebirge sowie die deutlich jüngeren Altmoränenlandschaften Norddeutschlands tragen vorwiegend Böden mit kritischer bis sehr kritischer Nährstoffausstattung. Vor allem in Süddeutschland sind das die „armen“ Landschaften, die sich ursprünglich durch Holzproduktion bzw. den davon abhängigen Nutzungsformen wie Glasbläserei oder Köhlerei auszeichneten. Gerade dieser Waldreichtum lässt

Abb. 5: Flächige Verteilung der eingewerteten Waldböden mit Grenzen der Wuchsregionen

Abgeleitet aus Daten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover 1998 und CORINE Land Cover-Daten der European Environment Agency, 2006



diese Landschaften als scheinbar ideale Standorte für dezentrale Heizkraftwerke erscheinen. Eine vergleichbar intensive Brennholznutzung, bei der auch noch das Reisig auf dem Waldboden gesammelt wurde, hatte bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts viele dieser Wälder bereits stark verarmt [4]. Eine erneute intensive Nutzung dieser Standorte im Zuge des Ausbaus der Bioenergie kann abermals nur auf Kosten der Standortsproduktivität durchgeführt werden.

Die heutigen Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Nährstoffexport und Standortsproduktivität [11, 12] sowie die Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, dass wir sehr vorsichtig und standortsbezogen bei der Planung von Nutzungsintensivierungen vorgehen sollten.

Literaturhinweise:

[1] KREUTZER, K. (1979): Ökologische Fragen zur Vollbaumerte. FCbl. 98, S. 298-208. [2] KRAPPENBAUER A.; BUCHLEITNER, E. (1981): Holzernte, Biomassen- und Nährstoffaustrag, Nährstoffbilanz eines Fichtenbestandes. Cbl. ges. Forstw., 98 (4), S. 193-223. [3] KRAPPENBAUER, A. (1989): Biomasseproduktion und -nutzung zur Energiegewinnung. Cbl. ges. Forstw., 106(2), S. 89-108. [4] REHFUESS, K.-E. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Parey, Hamburg. [5] PRIETZEL, J.; KOLB, E.; REHFUESS, K.-E. (1997): Langzeituntersuchung ehemals streugennutzter Kiefernökosysteme in der Oberpfalz: Veränderungen von bodenchemischen Eigenschaften und der Nährelementversorgung der Bestände. Forstw. Cbl. 116, S. 269-290. [6] MEIWES, K. J.; ASCHE, N.; BLOCK, J.; KALLWEIT, R.; KOLLING, C.; RABEN, G.; WILPERT, K. v. (2008): Potenziale und Restriktionen der Biomassennutzung im Wald. AFZ-DerWald Nr. 11, S. 598-604. [7] Englisch, M.; Reiter, R. (2009): Standortliche Nährstoff-Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Wald-Biomasse. BFW-Praxisinformation 18, S. 13-15. [8] AHRENS, R. (2011): Energieholz ist weltweit begrenzt. VDI Nachrichten, 7.10.2011. [9] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover (1998): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1: 1.000.000. [10] GAUER, J.; ALDINGER, E. (Hrsg. 2005): Waldökologische Naturräume Deutschlands – Forstliche Wuchsgebiete und Wuchsbezirke – mit Karte. Mitt. d. Ver. f. Forstl. Standortsk. und Forstpflanzenzüchtung, 43, Freiburg. [11] HELMISAARI, H.-S.; HANSEN, K. H.; JACOBSON, S.; KUKKOLA, M.; LUIRO, J.; SAARSALMI, A.; TAMMINEN, P.; TVEITE, B. (2011): Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. Forest Ecol. Managm. 261, S. 1919-1927. [12] STERBA H. (2003): Growth after biomass removal during precommercial thinning. In: Limbeck-Liliane, B.; Steinmüller, T.; Stampfer, K.: High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain. Schlägl, Austria.

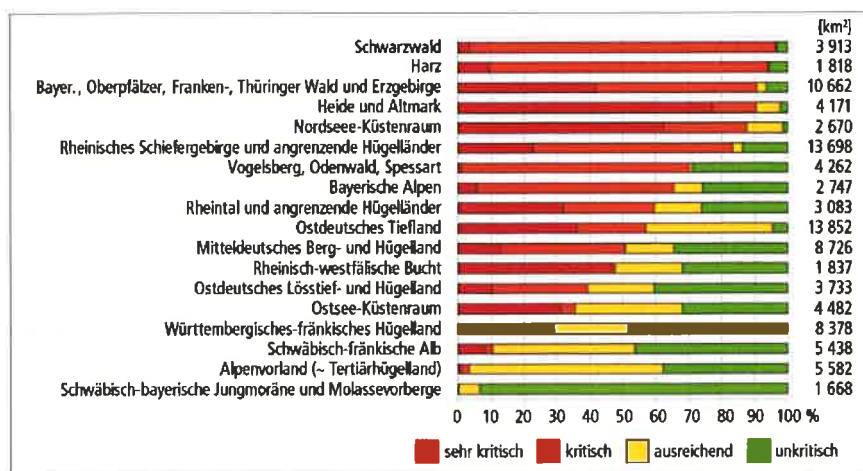


Abb. 6: Prozentuale Verteilung der Waldböden je Wuchsregion